

Skördeeffekter av biokolstillsats och kompletterande gödsling i två fältförsök

The effect of biochar addition and fertilization on yield levels in two field experiments

Elin Laxmar



Kandidatuppsats i biologi
Agronomprogrammet – mark/växt

Skördeeffekter av biokolstillsats och kompletterande gödsling i två fältförsök

The effect of biochar addition and fertilization on yield levels in two field experiments

Elin Laxmar

Handledare: Erik Karlton, institutionen för mark och miljö, SLU

Biträdande handledare: David Andersson, Ecoera AB

Examinator: Holger Kirchmann, institutionen för mark och miljö, SLU

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - kandidatarbete

Kurskod: EX0689

Program/utbildning: Agronomprogrammet – mark/växt 270 hp

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Biokol är ett material med hög kolhalt som framställs genom en reaktion som kallas pyrolys. Foto författaren, 2016.

Serietitel: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU

Delnummer i serien: 2017:03

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: terra preta, biokol, pyrolys, jordförbättring, skörd, kväve

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Sammanfattning

Biokol är ett material med hög kolhalt som framställs genom en reaktion som kallas pyrolys. Pyrolys är en upphettning av biologiskt material under förhållandevis låga temperaturer och begränsad tillgång till syre. Biokolet som bildas innehåller en hög andel kol och har en stor specifik yta. Materialet som används vid biokolstillverkning kan vara ved, spannmål, grönmassa eller annat organiskt material. Att använda sig av avfall från spannmålshantering och djurhållning är ett sätt att både bli av med restprodukten men också att få värme genom pyrolysreaktionen samt biokol som en biprodukt. Biokolet har historiskt sett använts för att tillföras jorden för att förbättra dess bördighet men har även andra användningsområden. Man har på senare år diskuterat möjligheten att med hjälp av biokolsprocessen varaktigt binda koldioxid från atmosfären till marken och på så sätt minska dess miljöpåverkan. Eftersom biokol är mycket stabilt bevaras det under lång tid i jorden på så sätt fungerar det som en kolsänka. När det gäller biokolets användning i jordbruket är det känt för att öka jordens vattenhållande förmåga och bidra till markens näringshållande förmåga vilket kan bidra positivt till växtodlingen. Biokol har också vissa pH-höjande effekter på marken.

I denna uppsats redovisas resultat från två försök med syftet att undersöka biokolets effekter på skördenivån. Försöken har behandlingar med biokol med eller utan mineralgödsel och/eller stallgödsel. Ejlerslundsförsöket utanför Simrishamn är ett långliggande försök på sandjord. Tre av skördeåren då det odlades korn har analyserats. Försöket består av sex led varav tre av dem fått olika mängd biokol men samma mängd kväve. Därtill finns ett led som endast fått biokol, ett obehandlat led och ett som fått N27 och gödsel, den så kallade gårdens gödsling. Sammanfattningsvis gick det att se en effekt på skörden i led som fått både mineralgödsel och biokol. I några fall har biokol bidragit till skördeökningen. Det syns däremot ingen effekt i det led som bara tillförts biokol vilket tyder på att en kombination av de båda krävs för att det ska påverka skörden. Ett försök på Sandby gård i Skåne testades effekten av olika givor kväve, fosfor, kalium och biokol under skördeåren 2014 och 2015. Inga statistiskt signifikanta skördeökningar kunde påvisas vid tillförsel av biokol. Den skördehöjande effekten kunde främst härledas till tillförsel av kväve i mineralgödselform. I båda försöken fanns en tendens till skördesänkning i led som endast fått biokol under första skördeåret efter utförd biokolsbehandling. I båda fallen försvinner effekten under nästkommande år. Detta kan bero på en immobilisering av kväve i ett tidigt skede efter tillsats av biokol. Sammanfattningsvis så går det att säga att i dessa försök har inte biokol i sig någon gödslande effekt, men att det i samband med kvävegödsling kan ge ett bättre kväveutnyttjande och en högre skörd. Mer forskning som pekar åt samma håll krävs för att motivera lantbrukare till att använda sig av biokol i lantbruket. Det krävs också en större produktion av biokol för att kunna få ner priset då det behövs stora kvantiteter för att göra skillnad i jordbruket.

Nyckelord: terra preta, biokol, pyrolys, jordförbättring, skörd, kväve

Abstract

Biochar is a material with high content of carbon that is produced in a reaction called pyrolysis, which is combustion of biologic material at a low combustion temperature with restricted access to oxygen. The biochar produced is high in carbon and has a large specific surface area. The material used in biochar production can be wood, grain, green forage or other organic matter. Waste material from grain production and cattle management can be used in pyrolysis with the advantage that you get rid of the waste product and at the same time you produce heat and biochar. Historically, biochar has been used as a soil amendment to enhance soil fertility but there are other possible applications. Recently there has been a discussion concerning the possibility to immobilize carbon dioxide from the atmosphere by biochar addition to the soil. Biochar is chemically very stable and it is recalcitrant in the soil and can therefore store carbon in the soil for a long time. Biochar is also known to enhance the water and nutrient holding capacity of the soil and in such a way make nutrients more available for plants. Biochar have also been shown to have positive effects on soil pH in acidic soils.

In this thesis results from two experiments on the addition of biochar with or without addition of inorganic fertilizer and/or manure of biochar are reported.

The experiment at Ejlerslund outside Simrishamn is a long-term field trial on sandy soils. Data from three years' cultivation with barley has been analyzed. The trial consists of six treatments and in three of them the same amount of nitrogen has been added together with different amount of biochar. In addition to this there is one treatment with just biochar, one untreated and one treatment with both liquid manure and N27. In summary, there was a significant effect on the yield where both nitrogen and biochar were added. However, there's no evidence that biochar influences yield on its own which shows that nutrients are needed in combination with the biochar to enhance yield. In the experiment at Sandby gård in Skåne, Sweden, the effect of addition of biochar, nitrogen, phosphorus and potassium on yield was tested in 2014 and 2015. There were no significant increases in yield as a result of the addition of biochar. Significant positive effects on yield occurred as a result of the addition of nitrogen and biochar. In both field trials a small yield reduction occurred the first year in treatments containing only biochar. In both cases this effect disappears the year after. This could depend on immobilization of nitrogen in an early stage after addition of biochar.

To sum up, biochar on its own had no fertilizing effect. Together with nitrogen fertilizer it does give a better nitrogen efficiency and a higher yield. More studies with positive results are important to motivate farmers to use biochar. A larger production is needed to be able to offer a better price since a great quantity is needed to make a difference in agriculture.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Frågeställning	6
1.3	Avgränsningar	6
1.4	Syfte	6
1.5	Metod	6
2	Pyrolys och biokol	7
2.1	Vad är biokol?	7
2.2	Pyrolyprocessen	8
2.2.1	Snabb pyrolys	8
2.2.2	Långsam pyrolys	9
2.3	Biokolets användning	9
2.3.1	Biokol som jordförbättring och gödselmedel	9
2.3.2	Det klimatsmarta biokolet	10
2.3.3	Andra användningsområden	10
3	Långliggande demonstrationsförsök med biokol på Ejlerslund, Simrishamn	11
3.1	Försökets upplägg och utförande	11
3.1.1	Bakgrund	11
3.1.2	Försökets syfte	11
3.1.3	Metod	11
3.2	Försökets resultat	12
4	Försök med biokol på Sandy gård, Borrby	15
4.1	Försökets upplägg och utförande	15
4.1.1	Bakgrund	15
4.1.2	Metod	15
4.1.3	Försökets resultat	17
5	Diskussion	21
	Referenslista/References	24
	Appendix 1. Rådata Ejlerslund	26
	Appendix 2. Rådata Sandby gård	28

**Appendix 3. Ökad skörd vid biokol-tillsats – resultat från långliggande försök under 4
år**

30

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Biokol är ett material med hög kolhalt. Det har historiskt sett använts för att tillföras jorden för att förbättra dess bördighet men har även andra användningsområden. Materialet som används vid biokolstillverkning kan vara ved, spannmål, grönmassa eller annat organiskt material. Att använda sig av avfall från spannmålshantering och djurhållning är ett sätt att både bli av med restprodukten men också att få värme genom pyrolysreaktionen samt biokol som en biprodukt.

Skånefrö AB är ett utsädesföretag baserat i Skåne som genom finansiering från EU realiserade projektet BIOAGRO Energy tillsammans med flera samarbetspartners. Projektet resulterade i en anläggning som idag finns i anslutning till Skånefrös frö- och spannmålsanläggning. Genom att framställa pellets av restbiomassa ifrån spannmålsanläggningen och bränna dem genom pyrolys framställs fjärrvärme till kringliggande bebyggelse men också biokol som kan återföras till åkarna. Därefter har flera försök anlagts för att utvärdera biokolets effekt på mark och gröda under svenska förhållanden. Något som har blivit intressant under senare år på grund av den ökade koldioxidhalten i atmosfären är att kunna binda koldioxid från luften till marken (Lal, 2009). Allt organiskt material använder sig genom fotosyntesen av koldioxid från luften för att komma åt kol för uppbyggnad av sina molekyler. Genom att tillverka biokol av t.ex. organiska restprodukter kan det kol som lagrats i växten istället tillföras jorden och lagras där under lång tid. Detta beror på att det kol som finns i biokolet är mycket stabilt och svårnedbrutet (Glaser *m.fl.* 2001). Biokol har också en mycket stor specifik yta som gör att den vattenhållande förmågan ökar hos jordar som tillförts biokol. Dessutom har biokol positiva effekter på pH samt tillför och förbättrar tillgängligheten av näringsämnen (Lehmann *et al.* 2003). Därför är det intressant att idag utvärdera biokol som en kolsänka som dessutom kan förbättra växtnäringshushållning och markbördighet.

1.2 Frågeställning

I denna uppsats ställer jag frågan hur skörden påverkas vid tillförsel av biokol i kombination med eller helt utan gödning.

1.3 Avgränsningar

Uppsatsen fokuserar på att ge en översikt av vad biokol är, dess historia, och olika aspekter på användningen av biokol. En redovisning görs också av biokolets framställning genom pyrolys. Resultat från två olika fältförsök som gjorts i Skåne med biokol och olika nivåer av gödsling redovisas och analyseras för att ge en bild av hur biokolet kan påverka avkastningsnivåerna.

1.4 Syfte

Syftet med uppsatsen är att sammanställa information angående biokolet och diskutera dess påverkan på markegenskaper och skördenivåer.

1.5 Metod

Uppsatsen baseras på en litteraturstudie och kompletteras med information och analys från två olika fältförsök där effekten av biokol på bl.a. skörd undersöks. Till litteraturstudien har jag sökt fakta främst genom söktjänster som Primo, Web of Science, Google Scholar samt från artiklar som tillhandahållits av min handledare Erik Karlton. Jag har även använt mig av boken Biochar for environmental management: science and technology av Lehmann & Joseph (2009).

De sökord jag använt mig av är t.ex "biochar" eller "carbon" i kombination med "farming", "agriculture" eller "yield", "fast/ slow pyrolysis", "terra preta", "soil amendment" och "soil fertility" m.fl. Således har jag även använt mig av svenska ord som biokol, pyrolys och jordförbättring.

Data från de två fältförsöken har jag fått ifrån min biträdande handledare David Andersson, ECOERA. Jag har utifrån detta tolkat resultat och analyser som redan gjorts och genom att göra ytterligare statistiska undersökningar har jag även dragit egna slutsatser utifrån dessa. Program som använts är Microsoft Excel och JMP.

2 Pyrolys och biokol

2.1 Vad är biokol?

Uttrycket biokol sammanfattas enkelt genom att beskriva det som en av de biprodukter som fås fram vid en pyrolysreaktion. Med pyrolys menas upphettning av biologiskt material vid begränsad syretillförsel och under relativt låga temperaturer ($<700\text{ }^{\circ}\text{C}$). Biokol förknippas ofta med produktion av vanligt träkol (eng. charcoal) då processen är densamma. Däremot skiljs de båda produkterna åt då biokolet produceras med avsikt att tillföras jorden för att förbättra dess struktur eller vattenhållande förmåga (Lehmann & Joseph 2009). Biokol innehåller en hög koncentration utav organiskt kol (C). Detta är skillnaden från aska som bildas vid eldning av biomassa vid god syretillgång, t.ex. i en öppen brasa. Vid förbränning vid god syretillgång är det endast en liten del kol som återstår i askan. Resten av innehållet består av mineraler som kalcium (Ca) eller magnesium (Mg) (Lehmann & Joseph 2009). I sammanhang där det talas om biokol nämns ofta också *terra preta de indio* eller indianernas svarta jord. Dessa jordar innehåller höga mängder av essentiella näringsämnen men också en stor del organiskt material (Glaser *m.fl.* 2001). Jordarna har bildats av urbefolkningen i centrala Amazonas genom tillförsel av organiskt material till jorden. Det är ännu inte fastställt ifall detta gjordes med avsikt att förbättra jorden (Neves *m.fl.* 2003). Undersökningar visar att dessa jordar kan innehålla upp till 70 % mer organiskt kol än omgivande jordar. Eftersom strukturen på kolet är polycyklisk och aromatisk bidrar detta till att kolet blir mycket stabilt och kan motstå både kemisk och biologisk nedbrytning under en väldigt lång tid. Oxidation i marken under lång tid bidrar också till bildandet av karboxylgrupper som ökar den näringshållande förmågan hos jorden. Forskare drar slutsatsen att det stabila kolet har viktiga funktioner som kolsänka och har stor betydelse för att skapa näringsrika och hållbara jordar. Detta gäller främst under tropiska förhållanden där jordarna tidigare ansetts inte vara tillräckligt fertila för att kunna brukas hållbart (Glaser *m.fl.* 2001). Biokolets förmåga att binda näring och vatten beror till stor del på dess enorma specifika yta. Biokol kan ha en specifik yta på upp till ca 500 m^2 per g (Jindo *m.fl.* 2004).

2.2 Pyrolysisprocessen

Det enklaste sättet att förstå pyrolysisprocessen på är att tänka sig en lägereld. Biomassa som halm, trä eller rester ifrån frö- eller spannmålsproduktion består av lignin, cellulosa och hemi-cellulosa. Förbränning av dessa material kan enkelt delas upp i fem steg och utifrån de första tre av dessa kan pyrolysisprocessen förklaras (Fuchs *m.fl.* 2014).

1. I ett första steg sker avdunstning av vatten och andra mindre molekyler ifrån materialet. Detta sker vid temperaturer under 200°C. När vattenånga kyls ner kondenserar den och bildar en vit rök.
2. När temperaturen börjar stiga och närmar sig 300°C så uppträder en annan sorts rök som kan verka irriterande på lungor och ögon. Detta beror på att gaserna som bildas innehåller ättiksyra som frigörs när materialet förbränns.
3. Mellan 300 och 650°C avges en brun eller svart rök bestående av tjära och oljor ifrån biomassan och en förbränningslåga framträder. Om det finns tillräckligt med syre kommer den svarta röken att förbrännas i lågan och mycket lite av den kommer att vara synlig.
4. När elden försvinner glöder kolet i orangea färger. Detta sker när lättflyktiga gaserna som finns i den svarta förbränningsröken försvunnit. När detta skett sker en oxidation utav kolets yta som frigör värme och kan höja temperaturen på kolets yta upp till 1000°C. Det är den värme vi använder oss av när vi grillar.
5. När allt organiskt material oxiderats återstår det grå pulver som vi kallar aska.

Pyrolysisprocessen startar i steg 1 och 2 och själva pyrolysen sker i steg 3 mellan 350 och 600°C då det är brist på syre (Fuchs *m.fl.* 2015). Temperaturen vid pyrolysen har stor betydelse för biokolets egenskaper (Keiluweit *m.fl.* 2010). Vid temperaturer över 550 °C produceras biokol som har en betydligt större specifik yta, ofta mer än 400 m²/g biokol (Keiluweit *m.fl.* 2010; Glaser *m.fl.* 2002). På grund av den stora ytan är den bra på att absorbera bland annat näringsämnen (Mizuta *m.fl.* 2004). Biokol som framställs under temperaturen 550 °C har däremot kvar en högre andel C och en del organiskt bundna näringsämnen (t.ex. N, och S) och lättflyktiga metalljoner som K⁺ som vid högre temperaturer försvinner från materialet (Keiluweit *m.fl.* 2010).

2.2.1 Snabb pyrolysis

När snabb pyrolysis, *eng. fast pyrolysis*, används bildas biokol bara som en biprodukt. Målet är att få fram en flytande fas, bio-oil, och temperaturen är samma som vid långsam pyrolysis dvs. ca 500°C. Ungefär 60 % av den totala biomassan omvandlas till huvudprodukten, bio-oil, medan 20% vardera går till biokol och syntesgas. Merparten av syntesgasen kan användas för att tillgodose behovet av energi som krävs vid en snabb pyrolysis (Laird, 2008). Bio-oil är ett råmaterial som kan användas direkt till förbränning eller förädlas till drivmedel. Biokolet kan återföras till marken eller användas som bränsle för att generera värme.

2.2.2 Långsam pyrolys

Långsam pyrolys, eng. *slow pyrolysis*, är en långsam förkolning av biomassan. Processen kan ta från några minuter och upptill flera dagar. Gaser som frigörs kan tillvaratas och separeras till en vattenlöslig del bestående av syror och socker och en fraktion bestående av fenolföreningar som kan lösas i organiska lösningsmedel. Ungefär 25–35% av den ursprungliga vikten och 50% av det ursprungliga kolet hos råmaterialet tillvaratas i form av biokol (Fuchs *m.fl.* 2014). Långsam pyrolys används idag till stor del i Afrika vid träkolstillverkning, i täckta gropar i jorden för att hindra syre att oxidera materialet och förvandlar det till aska. Mycket av den långsamma pyrolys som används idag, till exempel vid träkolstillverkning, är skadlig för både natur och människor eftersom pyrolysgaserna släpps ut i luften. Ett miljövänligare alternativ kan fås vid användning av så kallade *open fire kilns* där gaserna förbränns i lågan (Fuchs *m.fl.* 2014). Även gropar som är öppna och på så vis har kontakt med luften kan användas för att tillverka biokol om elden släcks innan aska bildas (Fuchs *m.fl.* 2014). På senare tid har man lanserat spisar som bygger på pyrolysteknik som kombinerar behovet av energi för matlagning med biokolsframställning (Njenga *m.fl.* 2016)

2.3 Biokolets användning

Det råder delade meningar angående hur biokol ska behandlas och framförallt användas. I en artikel i Ithaka Journal 2012 ställer sig Hans-Peter Schmidt frågan om det är lönt, både ekologiskt och ekonomiskt att tillföra biokol till odlingsmark. Han menar att ”*ingen jord blir Terra Preta bara för att tonvis av kol har plöjts ner*”.

2.3.1 Biokol som jordförbättring och gödselmedel

Ursprungligen använde enligt Schmidt (2012) urbefolkningen i Sydamerika biokolet till att hindra spridningen av smittsamma sjukdomar. Genom att tillföra biokol till fekalier och annat avfall kunde dessa på så sätt steriliseras. Kol- och avfallsblandningen kunde sedan användas som ett gödselmedel på åkern. Detta ledde i sin tur att biokolet laddades med näringsämnen ifrån avfallet och kunde fungera som näringsförråd i jorden och även stabilisera humushalten.

Att addera gödselmedel till biokol kan bidra till högre kväveeffektivitet (skörd per tillförd mängd kväve) och högre skörd (Chan *m.fl.* 2007; Lehmann *m.fl.* 2003). Samspelet mellan biokol, mark, mikrober och växtrötter etableras relativt snabbt efter att biokol tillsätts (Joseph *m.fl.* 2010). I sitt försök visar Chan *m.fl.* (2007) att endast tillförsel av stora kvantiteter av biokol inte ger någon direkt effekt på skörden utan kräver att också kvävegödselmedel tillsätts. Schmidt (2012) menar dock att på en del tropiska jordar kan positiva effekter fås på jordar vid tillsats av obehandlad biokol. Effekten blir bättre vattenhållande förmåga, bättre syretillgång, tillförsel av näringsämnen och förbättrad tillgänglighet och upptag av dessa genom höjt pH i marken (Lehmann *m.fl.* 2003).

Naturligtvis beror biokolets effekt på mark och gröda på dess framställning, sammansättning och kvalitet (Chan *m.fl.* 2007). Störst inverkan på biokolets egenskaper har materialets ursprung och temperaturen vid pyrolysen (Singh *m.fl.* 2010). En del biokol har en direkt gödslande effekt på jorden medan andra har inverkan på pH och markens struktur vilket i sin tur påverkar den vattenhållande förmågan (Rajkovich, 2010; Singh *m.fl.* 2010). Effekterna beror även på vilken typ av jordmån som tillförts biokol. Här påverkar faktorer som näringssammansättning och näringstillgång, innehåll av organiskt material, mineralogi och textur, pH, toxiska ämnen, temperatur. I sin tur påverkas olika grödor i olika grad vid tillförsel av biokol (Joseph *m.fl.* 2010).

2.3.2 Det klimatsmarta biokolet

På senare tid har biokolet börjat ses som en potentiellt viktig kolsänka som kan användas för att binda koldioxid från luften i marken (Lal, 2009). Halveringstiden för biokol i marken är över 1000 år och kan på så sätt lagras mycket längre än annat organiskt material i marken utan att återföras till atmosfären (Laird, 2008).

Laird skriver också i sin artikel att *"dagens vetenskapliga debatt angående hur man skördar biomassa för att göra biobränsle fokuserar på hur mycket som kan skördas utan att göra för mycket skada."* Han menar att det går att få fram ett system som gör att det går att producera biomassa till både mat och biobränsle samtidigt som jorden förbättras. Genom att använda sig av snabb pyrolys vid förbränning av växtrester (se kap. 2.2.1) produceras både biobränslen och biokol. Gasen som bildas vid snabb pyrolys kan dessutom användas till att driva pyrolysisprocessen varför ingen övrig energiåtgång sker.

2.3.3 Andra användningsområden

Förutom att använda biokol till värmeproduktion eller att tillföra den till jorden kan den användas till en rad andra saker. Hans-Peter Schmidt skriver i sin artikel *55 uses of biochar* (2012) att biokol är alldeles för värdefullt för att endast tillföras jorden och presenterar sedan just femtiofem användningsområden för biokol. Han menar bland annat att biokol kan tillföras till gödsel för att minska lukt eller till fodret som ges till att nötkreatur för att minska risken för diarré hos djuren samt verka lugnande på dem.

Det är inte bara i jordbrukssektorn som biokol kan vara användbart. Genom att blanda biokol med olika kombinationer av sand, lera och cement får man enligt Schmidt (2008) en isolerande puts som andas och kan hålla luftfuktighet sommar som vinter. Andra ändamål som presenteras i artikeln är rening av vatten och filtrering av bekämpningsmedelsrester för att undvika utsläpp till vattendrag. Slutligen nämns även att biokol kan användas som en komponent vid tillverkning av hudkrämer, batterier samt kolfiber och plast.

The examples below are present in the template to make it possible to create lists of tables and figures.

3 Långliggande demonstrationsförsök med biokol på Ejlerslund, Simrishamn

Till denna uppsats har jag efter kontakt med Sven-Olof Bernhoff, Skånefrö AB, Bo Christiansson, Skånefrö AB och David Andersson, ECOERA fått försöksdata som presenteras i avsnitt 3 och 4.

3.1 Försökets upplägg och utförande

3.1.1 Bakgrund

Försöket är ett samarbete mellan ECOERA, BIAGRO Energy och Skånefrö AB och har hittills löpt under fyra år på Ejlerslund, Simrishamn.

3.1.2 Försökets syfte

Syftet med försöket är att undersöka biokolets påverkan på skördens avkastning samt möjligheterna att använda biokol under svenska förhållanden.

3.1.3 Metod

Försöken genomfördes på en lätt sandjord med <5% lera och 1,5% organiskt material (Andersson *m.fl.*, 2013). Sex led med tre rutor ingick i försöket enligt uppställning i Tabell 1. Jag har i analysen använt mig av data från skördeåren 2010 då det odlades vårkorn och 2012 och 2013 då det odlades höstkorn. Biokolet tillfördes år 1 på en vårplöjd jord och myllades ner i de översta 5 cm av jordlagret genom en harvning, innan sådd. Följande år plöjdes jorden, ca 15–20 cm, innan höstsådd. (pers medd Bo Christiansson, Skånefrö AB). Eftersom ingen analys fanns på det nötflyt som tillförts i led F har jag räknat med att 1 m³ nötflyt väger 1 ton (Jordbruksverket, 1995) och att 1 ton innehåller 1,8 kg ammoniumkväve (Greppa näringen, 2012). I försökstabellerna i avsnitt 3.2 har jag beräknat och slagit ihop mängden kväve som tillförts i form av N27 och flytgödsel i led F. Biokolet kommer från BIOAGRO Energy-pellets som producerats av frö- och spannmålsavrens från rensverket på Skånefrö AB i Ö. Tommarp. Biokolet är rikt på makronäringsämnen och består i detta fall av 0,9 % fosfor, 2,9 % kalcium, 1,8 % kalium, 0,5 % magnesium och 0,2

% svavel. Analysen av näringsämnena är gjord av Eurofins enligt deras ackrediterade metoder. En analys av biokolet kan ses i appendix 3

Tabell 1. *Försöksuppställning för försöket på Ejlerslund. Led F lades till i försöket som såddes och skördades 2011*

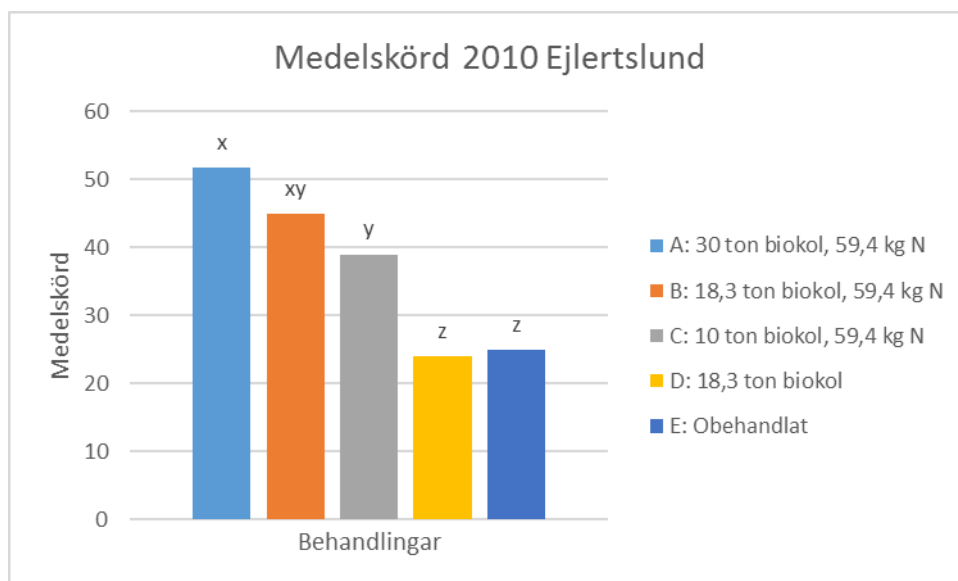
Led	Biokol ton/ha	Gödsel
A	30 ton	N27
B	18,3 ton	N27
C	10 ton	N27
D	18,3 ton	Ingen gödsling
E (ogödslat)	0 ton	Ingen gödsling
F (gårdens gödsling)	0 ton	N27 + nötflyt

3.2 Försökets resultat

Försöket såddes 2009 och skördades år 2010. Grödan var höstkorn. Rådata för försöket finns i appendix 1. Vid ett statistiskt test där skörden ställdes mot tillförd biokol och kväve visade det ett p-värde för N på 0,00139 och för biokol 0,07274. Detta betyder att skörden till största del beror av mängden tillförd kväve. Någon signifikant betydelse kan inte visas gällande biokolet då p-värdet > 0,05.

I figur 1 visas medelskörden för samtliga behandlingar i Ejlerslundsförsöket som skördades 2010. Bokstäverna på staplarna kommer från ett Tukey-test och representerar olika signifikansgrupper. Om en stapel har en eller flera bokstäver som är samma som en annan stapel kan ingen signifikant skillnad mellan dem påvisas. Är bokstäverna helt olika finns signifikant skillnad mellan värdena.

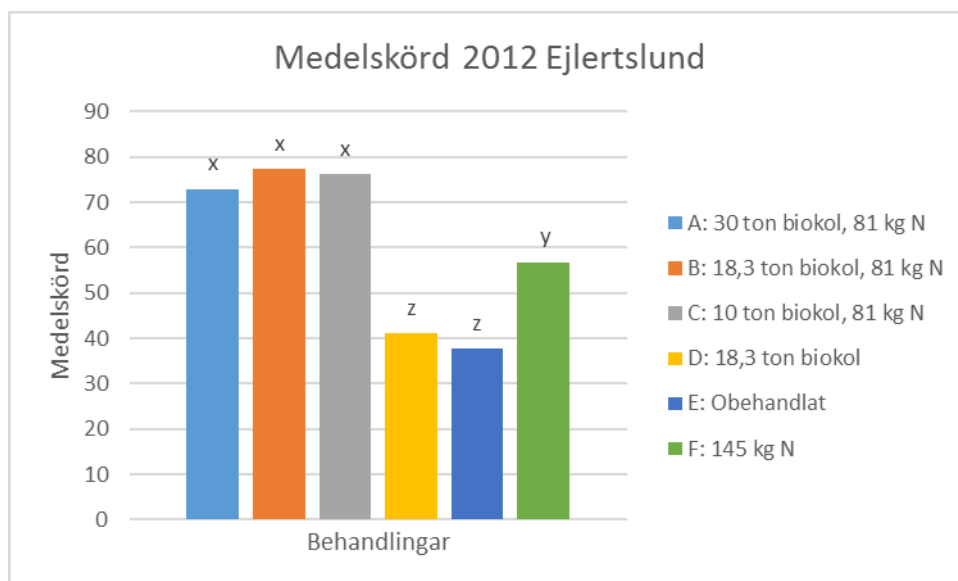
När det gäller skörden 2010 så skiljer sig samtliga led ifrån varandra utom led B från A och C. Det går alltså att se signifikanta skillnader i medelskörd vid en jämförelse mellan led A som fått mest biokol och C som fått tre gånger så lite biokol som A men samma mängd kväve. De tre första leden skiljer sig också ifrån led D som inte fått kväve och led E som är obehandlat. Däremot går det inte att signifikant skilja led D och E ifrån varandra.



Figur 1. Medelskörd 2010 med statistisk jämförelse mellan leden.

När vi tittar på skördeåret 2012 och p-värdena för biokol respektive kväve gäller samma förhållanden. Här blir p-värdet för biokol 0,027 och för kvävet 0,008 och kvävet har återigen störst inverkan på skörden. Skörderesultaten för år 2012 presenteras i tabell 2, i appendix 1. Vid en jämförelse med skördeåret 2010 går det att se en drastisk skördeökning i så gott som alla led. Notera att gödselmängden varierar från år till år.

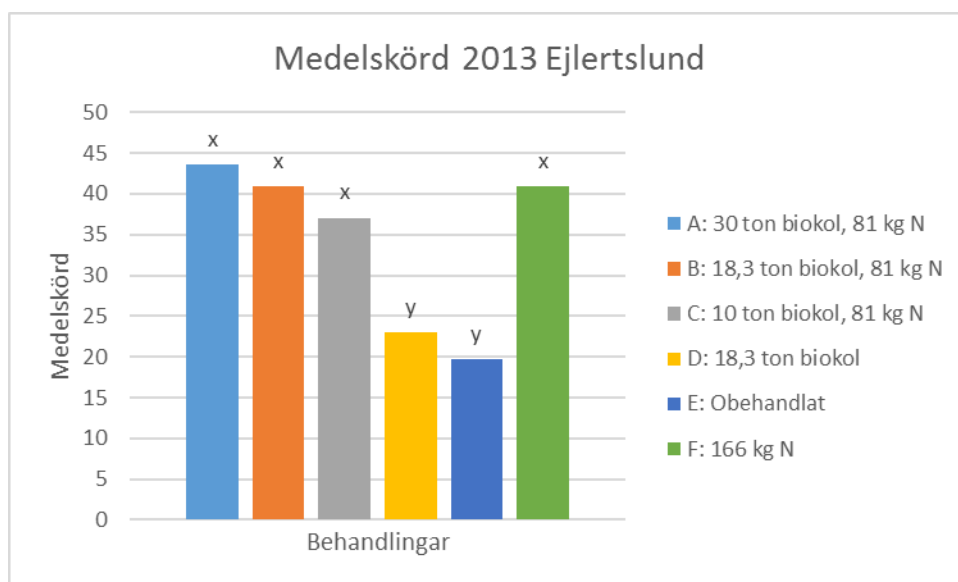
Medelskörd och Tukey-test för skördeåret 2012 presenteras i figur 2. Inte heller här går de tre första leden A, B och C att statistiskt skilja från varandra och det går alltså inte att se någon skillnad i skördenivå mellan olika mängd tillförd biokol. Inte heller det obehandlade ledet går att skilja från led E som endast fått biokol. Däremot är led F, som endast fått kvävegödsel i form av mineralnäring statistiskt skilt ifrån samtliga led. Led F har en högre skörd än det obehandlade ledet samt det led som endast fått biokol men en lägre skörd om man jämför med de led som behandlats med både biokol och kväve.



Figur 2. Medelskörd 2012 med statistisk jämförelse mellan leden.

År 2013 sjunker skörden till runt samma nivåer som 2010. Enligt p-värdena som är $<0,00010$ för kväve och $0,00045$ för biokol påverkar skörden alltså av båda faktorerna, om än något mer av kvävegödslingen.

I medelskördssfiguren för 2013 (se figur 3) går det att se tydliga skillnader mellan de tre första leden och led D och E. Led A, B och C går däremot inte enligt Tukey-testet att skilja ifrån led F som endast fått kväve.



Figur 3. Medelskörd 2013 med statistisk jämförelse mellan leden.

4 Försök med biokol på Sandy gård, Borrby

4.1 Försökets upplägg och utförande

4.1.1 Bakgrund

Försöket gjordes utav Hushållningssällskapet på Sandby Gård, Borrby med biokol ifrån BIOAGRO Energy i Östra Tommarp. Försöket ingår i Nordic Field Trial System och har nummer L3-1040-2014-001.

4.1.2 Metod

I detta försök såddes vårkorn 2014 av sorten KWS Irina med höstvetete som förfrukt. Hela försöksdokumentationen kan hittas i Skåneförsöken och har nummer L3-1040-201X-001. Försöket är av Alpha-design med två faktorer, två upprepningar och två block. En ruta motsvarar 5,5 m². Grundbehandling av fältet visas nedan i tabell 3. Fältet gödslades innan sådd med 550 kg ha⁻¹ NPK motsvarande 115,5 kg N ha⁻¹, 16,5 kg P ha⁻¹ och 55 kg K ha⁻¹.

Nästkommade år såddes höstraps av sorten NK Festivo i samma försök. Grundbehandlingen ser lite annorlunda ut och visas i tabell 4. Detta beror på en miss i kommunikationen då man inte var säker på att försöket skulle fortsätta. Innan försöket stakades ut på våren gjordes en gödsling av hela fältet, inklusive försöket, med 345 kg NPK/ha. NPK-gödslingen precis innan sådd motsvarade 71,07 kg N/ha, 10,35 kg P/ha och 35,5 kg K/ha. 500 kg Axan motsvarar 135 kg N.

Tabell 2. Grundbehandling av biokolsförsök på Sandby gård, Borrby. Skörd 2014

Datum	Mängd/ha	Kategori	Medel/behandling
	550 kg	Gödselmedel	NPK 21-3-10
2014-05-21	160 kg	Utsäde och sådd	Sådatum huvudgröda
2014-05-29	2 l	Herbicer	Ariane S
2014-05-29	0,7 l	Gödselmedel	Mangannitrat 235
2014-06-14	0,2 l	Fungicider	Comet
2014-06-14	0,2 l		Proline 250 EC
2014-07-30		Skörd och bärning	Skördedatum

Tabell 3. Grundbehandling av biokolsförsök på Sandby gård, Borrby. Skörd 2015

Datum	Mängd/ha	Kategori	Medel/behandling
2014-08-14	345 kg	Gödselmedel	NPK 21-3-10
2014-08-22	2,8 kg	Utsäde och sådd	Sådatum Huvudgröda
2014-09-09	1,9 l	Herbicer	Butisan Top
2014-09-19	0,26 l	Insekticider	Sumi Alpha 5 FW
2015-03-12	500 kg	Gödselmedel	Axan
2015-05-20	0,5 l	Fungicider	Acanto
2015-08-09		Skörd och bärning	Skördedatum

Försöket är uppdelat i fyra block och gårdens fosfor-och kaliumgiva gavs i block 2 och 4. År 2014 motsvarar detta 276 kg PK medan det år 2015 lades 170 kg PK i block 2 och 4. Ingen PK-gödsling i block 1 och 3. I led 6–10 (se tabell 7) lades halva gårdens N-giva motsvarande 62 kg N år 2014 och 60 kg N år 2015.

I led 11–15 lades gårdens N-giva, 124 kg år 2014 och 120 kg år 2015 (pers medd Ingrid Hansson, Hushållningssällskapet Skåne).

Inför 2015 lades ingen ny biokol. Samtliga behandlingar visas i tabell 4.

Tabell 4. *Försöksbehandling av biokolsförsök på Sandby gård, Borrby*

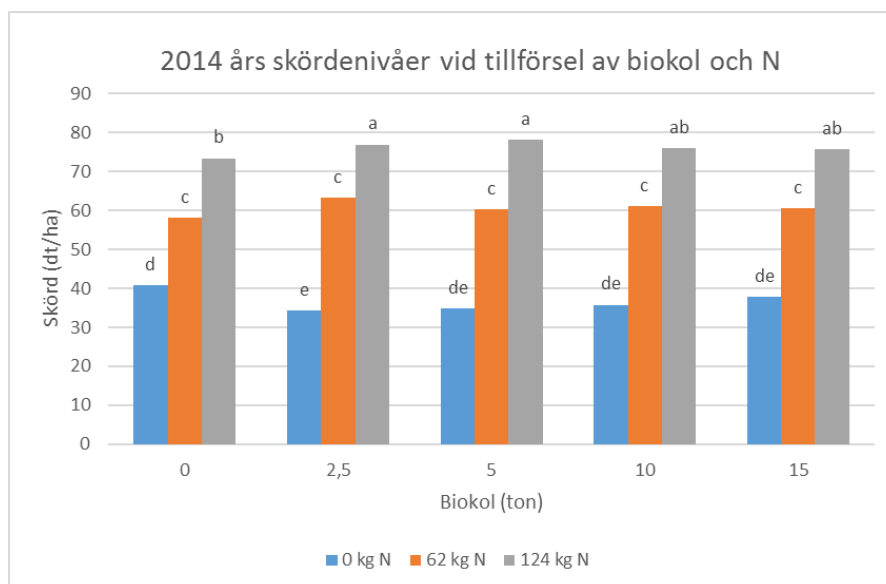
Faktor	Led	Antal behandlingar	Biokol	Gödsel
1	1	1	0 ton	-
	2	1	2,5 ton	-
	3	1	5 ton	-
	4	1	10 ton	-
	5	1	15 ton	-
	6	1	0 ton	Halva gårdens N-giva
	7	1	2,5 ton	Halva gårdens N-giva
	8	1	5 ton	Halva gårdens N-giva
	9	1	10 ton	Halva gårdens N-giva
	10	1	15 ton	Halva gårdens N-giva
	11	1	0 ton	Gårdens N-giva
	12	1	2,5 ton	Gårdens N-giva
	13	1	5 ton	Gårdens N-giva
	14	1	10 ton	Gårdens N-giva
	15	1	15 ton	Gårdens N-giva
2	A		Obehandlat	
	B			P och K i block 2 och 4

4.1.3 Försökets resultat

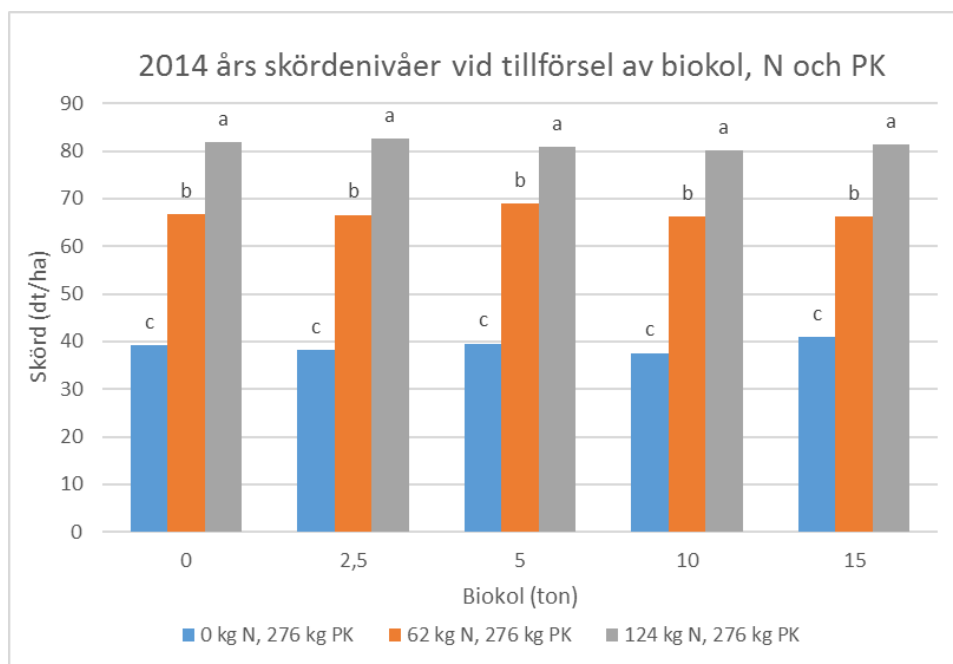
Skörderesultaten ifrån försöket på Sandby gård 2014 redovisas i tabell 1, appendix 2. I led A1-A5 som inte gödslats kan vi se en skördeminskning vid tillförsel av biokol. Tusenkornvikten ökar dock något. Däremot är skörden aningen högre i ledet med 15 ton biokol än i det med 2,5 ton biokol. I resterande behandlingar ökad skörden vid gödsling. Det finns ingen stor skillnad i skördenivå mellan led med olika mängd tillförd biokol.

I figur 4–7 visas sambandet mellan de olika försöksbehandlingarna och skörden för år 2014 och 2015. Här har försöket delats upp i två delar; en med endast kvävegödsling (figur 4 och 6) och en där både kväve, fosfor och kalium tillförts (figur 5 och 7). Gällande figur 1 kan signifikans påvisas inom de olika behandlingarna gällande kvävetillförsel. Däremot ses ingen större skillnad i skördenivå när det gäller tillförd biokol. Signifikant skillnad ses endast mellan de två första blå staplarna där det tillförts 0 kg N. Här ses en signifikant skördesänkning vid en ökning från 0 till 2,5 ton biokol. I ledet med den högsta kvävegivan kan vi däremot se en signifikant skördeökning mellan 0 och 2,5 samt 5 ton tillförd biokol.

Att biokolet inte har någon direkt skördehöjande effekt visas även i figur 5. Skörden är däremot generellt högre än i figur 4. Variationen som blir av mängd tillförd biokol är mycket liten inom ett behandlingsled. Den stora variationen fås då näringsämnen i form av mineralgödsel tillförs. Ingen signifikant skillnad på skörden kan påvisas mellan de olika mängderna tillförd biokol.



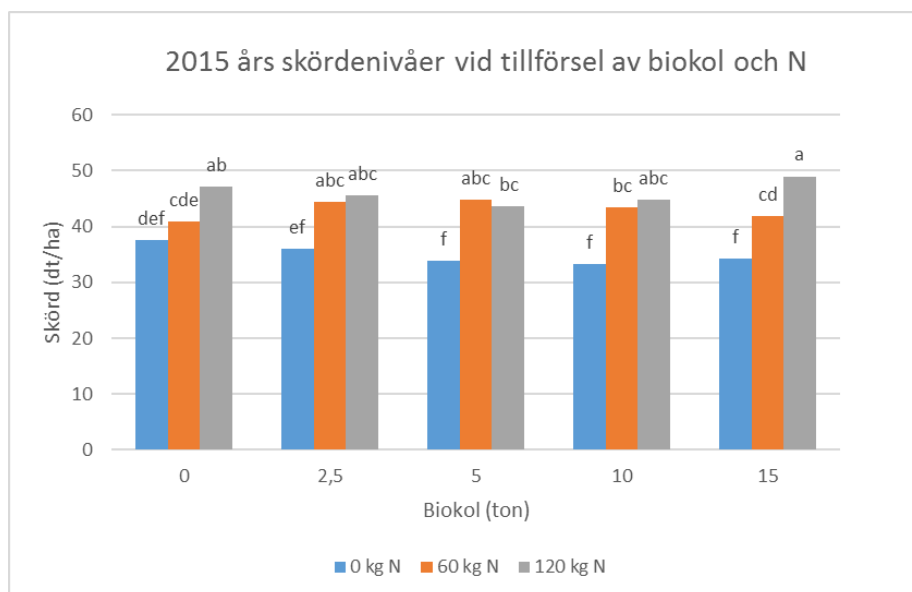
Figur 4. Diagram över skördenivåer vid tillförsel av biokol och N år 2014. Gröda vårkorn.



Figur 5. Diagram över skördenivåer vid tillförsel av biokol, N och PK år 2014. Gröda vårkorn.

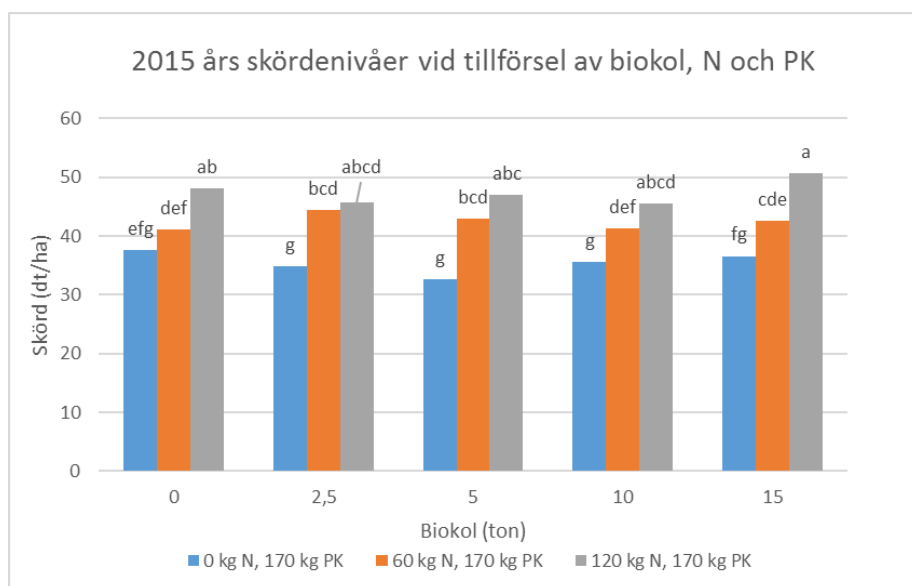
I tabell 2 i appendix 2, redovisas skörden av höstraps 2015. I led A1-A5 ses återigen en minskning i skörd där biokol tillförts. I övrigt ser mönstret ut som föregående år, dvs. att skörden påverkas mer av N-och PK-gödsling än av biokol.

År 2015 odlades höstraps vilket redovisas nedan i figur 6 och 7. Vid jämförelse med föregående stapeldiagram bör hänsyn tas till att olika grödor odlats och på grund av detta varierar skördemängden mellan åren. Ingen signifikant skillnad kan ses mellan skördarna i led med olika mängd tillsatt biokol. Snarare kan i detta fall en antydning till minskad skörd ses i samband med tillförsel av biokol men inget kväve.



Figur 6. Diagram över skördenivåer vid tillförsel av biokol och N år 2015. Gröda höstraps.

I figur 4 har skörden i jämförelse med figur 3 ökad något. Inte heller här kan någon skördeökning med biokol påvisas utan skörden varierar endast inom grupper med olika mängd tillförd kväve. Högst skörd ger ledet med högsta mängd biokol och gödsling.



Figur 7. Diagram över skördenivåer vid tillförsel av biokol, N och PK år 2015. Gröda höstraps.

5 Diskussion

Resultaten ifrån försöket på Ejlerstlund skiljer sig en del från år till år. År 2010 när det odlades vårkorn visade p-värdet att skörden påverkades mest utav tillförsel av kväve. Den högsta skörden fick man med maxgiva av både kväve och biokol. Vid Tukey-test kunde man dock se skillnader mellan led som fått högsta och lägsta givan biokol men samma mängd kväve. Det går alltså att se en effekt på skörden som kan härledas till tillförd biokol. Detta kan även vara ett resultat utav den torra växtsäsongen 2010 som gav de led som tillförts biokol en fördel genom ökad vattenhållande förmåga.

Däremot går det inte att se någon effekt på det led som bara fått biokol då det inte gick att statistiskt skilja ifrån det obehandlade ledet. Det led som fått biokol visar tvärtom en aningen lägre skörd än det obehandlade ledet. Enligt Chan *m.fl* (2007) har endast tillförsel av biokol ingen direkt koppling till att skörden ökar och menar att effekt fås då biokolet kan laddas med kväve. Om den begränsande faktorn i jorden för plantans tillväxt är kväve så spelar det enligt Liebig's minimumlag ingen roll hur mycket andra näringsämnen som tillförs (Liebig, 1855) Tillväxten hos grödan begränsas nämligen av det ämne som det råder underskott av.

Biokol har en väldigt hög C/N-kvot vilket kan utläsas i analysen utförd av Eurofins i Andersson *et.al* 2013 där innehållet består till 63,7 % Ts kol och 2,9 % Ts kväve. Detta leder till att mikroorganismer behöver använda mineralkväve för att bryta ner biokolet. Kanske beror den sänkta skörden på att kvävet i marken till en början immobiliserats och därmed blivit mindre tillgängligt för växterna. Effekten är omvänd följande två år vilket kan bero på en ökad mineralisering till följd av biokolets positiva effekter på struktur, pH och markliv.

År 2012, när det odlades höstkorn i försöket visar p-värdet signifikans för kväve och inte för biokol. Skörden är också betydligt högre än år 2010, vilket med största sannolikhet beror på att det odlades en höstgröda istället för en vårgröda. Ingen signifikant skillnad gällande skördenivå kunde påvisas mellan led A, B och C som fått olika mängd biokol men samma giva med kväve. Biokolet har alltså inte haft någon

påverkan för skillnaden mellan dessa tre led. Led F som bara fått kväve kunde skiljas från leden som fått biokol och kväve, med en något lägre skördenivå. Däremot kan vi räkna med att ledet som endast gödslas med kväve får en högre total kvävegiva i jämförelse med de led som gödslats med både kväve och biokol. Det kan tyda på en större kväveeffektivitet i leden med biokol eftersom skördenivån i dessa led är högre.

En något högre skörd kan observeras i det led som endast fått biokol gentemot det obehandlade. Dessutom kan en liten antydning till ökning i skördeskillnad mellan obehandlat led och det led som behandlats med bara biokol noteras. Biokol ger förutom förbättrad vattenhållande förmåga också höjt mark-pH (Lehmann *m.fl.* 2003). Effekten av detta är enligt Glaser *m.fl.* (2002) större på sandiga jordar än på leriga. Eftersom dessa försök utförts på sandjord går det att tänka sig att biokolet haft en pH-höjande effekt och på så sätt gjort näringsämnen mer tillgängliga. Samma mönster, med högre skörd i led med endast biokol än i obehandlat kan ses även skördeåret 2013.

2013 är p-värdena <0,001 för både kväve och biokol. Här kan vi se påverkan av båda faktorerna, om än lite mer av kvävegödslingen. Led F går inte heller här att skilja ifrån led A, B och C. Däremot ligger A, B och C på en lägre nivå än föregående och F på ungefär samma. År 2012 var skördarna för A, B och C högre. Att F kommer närmre A, B och C gällande skördenivå kan bero på att led F fick en större kvävegiva år 2013 än föregående år.

De slutsatser som kan dras från informationen ovan är att biokol har en viss skördehöjande effekt i kombination med kväve. Det kan tolkas som att biokolet i sig inte har någon gödslande effekt utan endast gör det lättare för växten att tillgodogöra sig kvävet, så kallad högre kväveeffektivitet (Chan *m.fl.* 2007; Lehmann *m.fl.* 2003). Detta påvisas också vid jämförelse mellan led A, B och C som fått biokol och kväve med led F. Led F har fått kväve i form av flytgödsel och N27 och den totala kvävetillförseln är ungefär dubbelt så hög som för de led som fått biokol och N27. Eftersom det inte går att skilja skördenivån i de olika leden åt rent statistiskt visar det att led A, B och C har ett bättre kväveutnyttjande än F vilket kan bero på biokolet. Att biokol i sig inte har någon gödslande effekt visas även i Sandby-försöket som skördats 2014 och 2015. Den enda signifikanta skillnaden visas år 2014 mellan rutor som fått högsta kvävebehandlingen, 124 kg N. Här skiljer sig de rutor som fått 2,5 och 5 ton biokol ifrån den ruta som fått 0 ton biokol och skördarna är något högre. Även här syns en liten trend till skördeminskning i de led som inte tillförts kväve utan endast biokol och det led som är obehandlat har en signifikant högre skörd än det led som fått 2,5 ton biokol men inget kväve.

I övrigt kan ingen signifikant skillnad påvisas mellan led som tillförts olika mängd biokol. Skillnad syns endast inom led där rutor med samma biokolsgiva fått olika kvävegivor.

De led som även gödslats med fosfor och kalium visar en högre skörd än de led som gödslats med bara kväve. Detta beror med största sannolikhet på en större mängd tillgängliga växtnäringssämnen för grödan.

Eftersom det odlats så pass olika grödor som vårkorn och höstraps gör det svårt att jämföra skördenivåer mellan åren.

Sammanfattningsvis har alltså inte biokolet själv någon skördehöjande effekt på någon av de grödor som odlats i försöken. Däremot har biokol i andra försök bevisat goda effekter på andra faktorer som i sin tur påverkar skörden på längre sikt (Joseph *m.fl.* 2010; Lehmann *m.fl.* 2003). Dessutom tycks biokolet förbättra kväveeffektiviteten i de jordar som fått både biokol och kvävegödsel. Därför anser jag att det finns positiva effekter som motiverar tillförsel av biokol till de jordar som behöver bättre vattenhållande förmåga, bättre syretillgång och höjt pH samt i längden en högre kolhalt i marken. De skördesänkande tendenser som kan ses i försöken verkar inte vara ihållande utan endast förekomma under det första odlingsåret.

I beräkningen kan även tas de klimataspekter som spelar en stor roll i biokolsdebatten. Att använda biokol som kolsänka och binda koldioxid i marken under mycket lång tid kan ha betydelse för klimatet på sikt. Även om effekterna från flera försök visar på positiva effekter i jorden så behövs det fler resultat som visar positiva effekter på skörden för att lantbrukare ska vara villiga att använda sig av det. För att det ska bli en ekonomiskt positiv effekt för lantbrukare som vill använda biokol som jordförbättringsmedel behövs siffror som visar på en nettoökning i skörd eller minskade kostnader i form av insatser. Detta kräver också ett lågt pris på biokolet och i sin tur fler företag som kan använda sig av biologiskt restmaterial för att tillverka värme och biokol.

Referenslista/References

- Chan, K., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. och Joseph, S. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Aust. J. Soil Res.*, 45(8), s.629.
- Fuchs, M., Garcia-Perez, M., Small, P och Flora, G. (2014). Campfire Lessons - breaking down the combustion process to understand biochar production. *the Biochar Journal* version of 31 december 2014. Tillgänglig: www.biochar-journal.org/en/ct/47 [2015-07-27]
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G och Zech, W. (2001) *The Terra Preta phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics*. *Naturwissenschaften*, vol. 88, ss. 37-41
- Glaser, B., Lehmann, J och Zech, W (2002) Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils* vol. 35, ss. 219–230
- Greppa näringen. (2012). Vad är stallgödsel, näringsinnehåll och värde? Kvarnmo, P. (red) *Partnerskap Alnarp: Stallgödsel och biogödsel på bästa sätt*. Alnarp, Sverige 27 mars. Tillgänglig: <http://194.47.52.113/janlars/partnerskapAlnarp/ekonf/20120327/Kvarnmo.pdf>
- Jindo, K., Mizumoto, H., Sawada, Y., Sanchez-Monedero, M. och Sonoki, T. (2014). Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences*, 11(23), ss.6613-6621.
- Jorbruksverket (1995). Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturshållning. Jönköping: Informationsenheten. (Jordbruksverket 1995:10)
- Joseph, S., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C., Hook, J., van Zwieten, L., Kimber, S., Cowie, A., Singh, B., Lehmann, J., Foidl, N., Smernik, R. och Amonette, J. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Aust. J. Soil Res.*, 48(7), ss.501-515
- Keiluweit, M., Nico, P., Johnson, M. och Kleber, M. (2010). Dynamic Molecular Structure of Plant Biomass-Derived Black Carbon (Biochar). *Environmental Science & Technology*, 44(4), ss.1247-1253.
- Laird, D. (2008). The Charcoal Vision: A Win–Win–Win Scenario for Simultaneously Producing Bioenergy, Permanently Sequestering Carbon, while Improving Soil and Water Quality. *Agronomy Journal*, 100(1), s.178.
- Lal, R. (2009) Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Science* 60, ss. 158–169.
- Lehmann, J., Pereira da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. och Glaser, B. (2003) Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil* vol. 249, ss. 343–357
- Lehmann, J. & Joseph, S. (2009). Biochar for Environmental Management: An Introduction. I: Lehmann, J. and Joseph, S.(red), *Biochar for Environmental Management*. London: Earthscan, ss.1-9
- Liebig, J. (1855). *Principles of agricultural chemistry*. London: Walton & Maberly

- Mizuta, K., Matsumoto, T., Hatate, Y., Nishihara, K. och Nakanishi, T. (2004). Removal of nitrate-nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal. *Bioresource Technology*, 95(3), ss. 255-257.
- Neves, E., Petersen, J., Bartone, R. och Da Silva, C. (2003) Historical and and socio-cultural origins of Amazonian dark earths. I: Lehmann, J. et al. (red), *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. Nederländerna: Kluwer Academic Publishers. ss. 29-50
- Njenga, M., Iiyama, M., Jamnadass, R., Helander, H., Larsson, L., de Leeuw, J., Neufeldt, H., Röing de Nowina, K. and Sundberg, C. (2016). Gasifier as a cleaner cooking system in rural Kenya. *Journal of Cleaner Production*, 121, ss.208-217.
- Rajkovich, S. (2010) Biochar as an amendment to improve soil fertility. Diss. Cornell University
- Schmidt, HP. (2012). 55 uses of biochar. *Ithaka journal*, 1/2012, ss. 286-289.
- Singh, B., Singh, B. och Cowie, A. (2010). Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Aust. J. Soil Res.*, 48(7), ss. 516-525.

Icke publicerat material

- Andersson, D., Bernhoff, S och Christiansson. B. (2013) *Ökad skörd vid biokol-tillsats – resultat från långliggande försök under 4 år.*

Appendix 1. Rådata Eljertslund

Tabell 1. Försöksbehandling och skörderesultat, Eljertslund 2010. Gröda vårkorn

Behandling	Skörd (dt/ha)	Biokol ton/ha	Tillfört N kg/ha
A	52,5	30	59,4
A	51	30	59,4
B	45	18,3	59,4
B	Struken pga sprutspår	18,3	59,4
C	40	10	59,4
C	38	10	59,4
D	25	18,3	0
D	23	18,3	0
E	23,5	0	0
E	26,5	0	0

Tabell 2. Försöksbehandling och skörderesultat, Eljertslund 2012. Gröda höstkorn

Behandling	Skörd (dt/ha)	Biokol ton/ha	Tillfört N kg/ha
A	68,24	30	81
A	77,65	30	81
B	76,47	18,3	81
B	78,24	18,3	81
C	75,29	10	81
C	77,06	10	81
D	43,53	18,3	0
D	38,82	18,3	0
E	38,24	0	0
E	37,04	0	0
F	55,29	0	145
F	58,23	0	145

Tabell 3. Försöksbehandling och skörderesultat, Eljertslund 2013. Gröda höstkorn

Behandling	Skörd (dt/ha)	Biokol ton/ha	Tillfört N kg/ha
A	44,7	30	81
A	42,35	30	81
B	41,18	18,3	81
B	40,58	18,3	81
C	40	10	81
C	34,12	10	81
D	22,35	18,3	0
D	23,52	18,3	0
E	19,41	0	0
E	20	0	0
F	41,8	0	166
F	40,59	0	166

Appendix 2. Rådata Sandby gård

Tabell 1. 2014 års skörderesultat från försök på Sandby gård, Borrby

Led	Biokol (ton)	N-gödsling (kg)	PK-gödsling (kg)	Skörd dt/ha kärna 15% vårkorn 2014
A1	0	0	0	40,7
A2	2,5	0	0	34,2
A3	5	0	0	34,9
A4	10	0	0	35,8
A5	15	0	0	37,8
A6	0	62	0	58,2
A7	2,5	62	0	63,3
A8	5	62	0	60,2
A9	10	62	0	61,0
A10	15	62	0	60,6
A11	0	124	0	73,4
A12	2,5	124	0	76,9
A13	5	124	0	78,2
A14	10	124	0	75,9
A15	15	124	0	75,7
B1	0	0	276	39,2
B2	2,5	0	276	38,2
B3	5	0	276	39,6
B4	10	0	276	37,6
B5	15	0	276	41,0
B6	0	62	276	66,7
B7	2,5	62	276	66,6
B8	5	62	276	69,0
B9	10	62	276	66,2
B10	15	62	276	66,3
B11	0	124	276	81,8
B12	2,5	124	276	82,6
B13	5	124	276	80,8
B14	10	124	276	80,1
B15	15	124	276	81,4

Tabell 2. 2015 års skörderesultat från försök på Sandby gård, Borrbby

Led	Biokol (ton)	N-gödsling (kg)	PK-gödsling (kg)	Skörd dt/ha frö 9% Höstraps 2015
A1	0	0	0	37,48
A2	2,5	0	0	35,92
A3	5	0	0	33,87
A4	10	0	0	33,32
A5	15	0	0	34,25
A6	0	60	0	40,93
A7	2,5	60	0	44,38
A8	5	60	0	44,79
A9	10	60	0	43,47
A10	15	60	0	41,80
A11	0	120	0	47,18
A12	2,5	120	0	45,49
A13	5	120	0	43,54
A14	10	120	0	44,71
A15	15	120	0	48,95
B1	0	0	170	37,65
B2	2,5	0	170	34,83
B3	5	0	170	32,62
B4	10	0	170	35,59
B5	15	0	170	36,56
B6	0	60	170	41,07
B7	2,5	60	170	44,43
B8	5	60	170	42,96
B9	10	60	170	41,27
B10	15	60	170	42,54
B11	0	120	170	48,08
B12	2,5	120	170	45,66
B13	5	120	170	47,00
B14	10	120	170	45,48
B15	15	120	170	50,65

Appendix 3. Ökad skörd vid biokol-tillsats – resultat från långliggande försök under 4 år

Ökad skörd vid biokol-tillsats – resultat från långliggande försök under 4 år

David Andersson¹ Bo Christiansson², Sven-Olof Bernhoff²,

Tel: 0703805410

E-mail: david.andersson@ecoera.se

¹ Ecoera AB, ² Skånefrö AB, Göteborg and Östra Tommarp

Sammanfattning

Ett långliggande försök med biokol genomfördes i Ejlertslund, Simrishamn. Både biokolgiva och gödningsgiva varierades. Vårkorn såddes i lätt sandjord med <5% lera och 1.5 % organiskt material.

I mätningen år 1 (2010) visades att när både gödning och biokol adderades, gavs en dramatisk skördeökning (33%) när givan tredubblades från 10 ton/ha till 30 ton/ha. En mellangiva på 18,5 ton/ha gav 17% skördeökning. Experimentet 2010 var inte designat så att en kontroll med endast gödning kunde göras. Under 2011, 2012 och 2013 genomfördes försök med växtföljd majs och höstkorn och i ett nytt led ogödslat med 18,5 ton/ha biokol. Majsen mättes i stjälk och visade 27% ökad diameter mellan kontroll och givan 30 ton/ha. Skörden mättes även med total biomassa och påvisade en skördeökning på 8,4%. Kornskörden (höstkorn) ökade 14% vid jämförelse ogödslat och led med tillsats 18,5 ton biokol/ha.

Den extremt torra växtsäsongen 2010 kan ha givit ökad tillväxt för de parceller med biokol – genom dess vattenhållande förmåga. Vidare har biokolet en hög fosforhalt (9 g P/kg biokol) som kan ge effekter på skörden. Sammanfattningsvis har de första långliggande biokolförsöken i Sverige demonstrerat signifikanta skördeökningar i torkkänslig jord och en möjlighet att öka kolhalten i åkermark samt tillvarata fosfor från frö och utsädesavrens. Detta försök har givit en möjlighet att designa kommande försök.

Nyckelord: korn, majs, biokol, fältförsök, fosfor

Bakgrund

Biokol är en översättning från engelskans *biochar*. Biokol är i grunden ett sätt att skapa rikare jordar med högre näringsretention och har traditionellt använts som jordförbättrare i antika civilisationer i Sydamerika.

Biokol är kol från pyrolyserad biomassa och i stor utsträckning motståndskraftig mot nedbrytning. Biokol produceras från pyrolys av träd och växtdelar och restmaterial. Som jordingrediens, skapar biokol en stabil kolpool i jorden, som är kolnegativ och därmed fungerar som en nettoåtertagare av atmosfärisk koldioxid lagrad i ett stabilt jordkollager. Den stora näringshållande kapaciteten i biokolblandad jord reducerar inte bara det totala gödslingsbehovet utan också klimat och miljöpåverkan av brukandet av jorden. (International Biochar Initiative Scientific Advisory)

Vidare är biokol stabilt i åkerjord. Stabiliteten har visats vara i minst 100 år, men även uppåt tusentals år (2009 Kuzyakov, Subbotina), vilket gör biokol till en kolsänka under en relevant geologisk tidsskala, genom att kolet som binds ligger kvar i jorden och alltså inte konsumeras av växter eller mikrober.

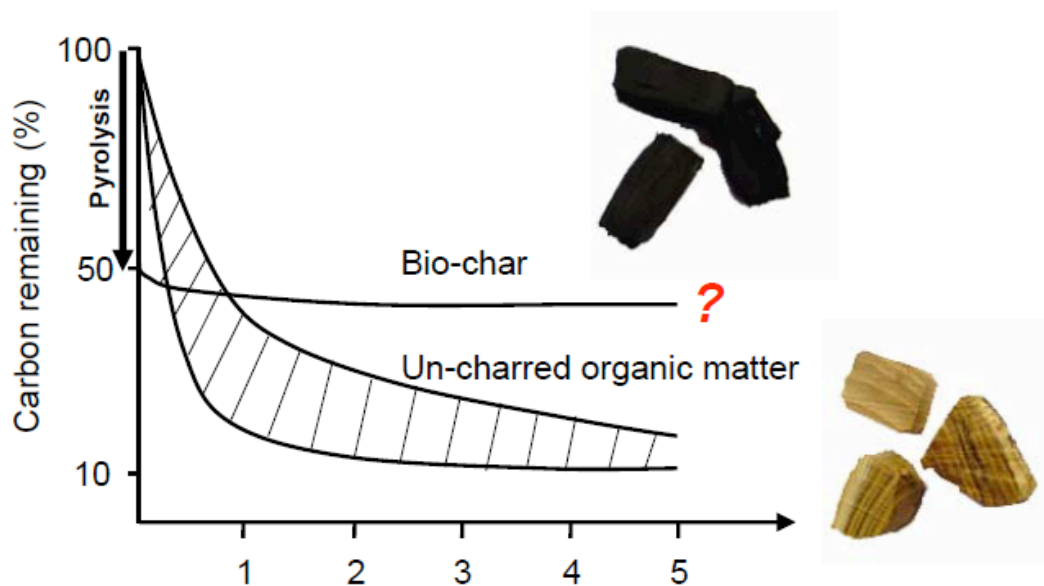


Fig 1: Nedbrytning av opyrolyserad biomassa jämfört med biokol. Uppehållstiden i åkerjord är uppskattad till 2000 år. Lehmann et. al

Biokol är mycket poröst och har uppvisat hög vatten- och näringshållande förmåga. Av de effekter som hittills uppvisats är katjonväxlingsförmåga (CEC), vattenhållande förmåga och ökad näringstillgänglighet de främsta orsakerna till tillväxtökningar med biokol.

För att skapa sig insikter i biokolets möjligheter för svenskt lantbruk har ECOERA, BIOAGRO Energy och Skånefrö AB genomfört försök på lätta sandjordar.

Biokolet i detta försök är rikt på makronutrienten bestående utav 0.9 % P, 2.9 %N, 2.5 % Ca, 1.8 %K, 0.5 %Mg, och 0.2 %S. Innehållet av tungmetaller i biokolet var lågt och överskrider inte de maximala gränsvärdena inom EU (Pollak and Favoino 2004).

Metodbeskrivning

6 st led med tre rutor anlades enligt följande uppställning, med biokol producerad från BIOAGRO Energy-pellets av formula R54. Biokolet är helt utan trämaterial och producerat genom en pyrolys i pilotanläggning i batch-format. Råmaterialet är en pelleterad balanserad mix av frö- och utsädesavren från Skånefrö AB. Metoduppställningen genomfördes bl.a. via rekommenderade givor från International Biochar Initiative Trial Guide. Biokolet myllades ner i översta jordlagret.

	Försöksplan 2011 i höstkorn		Skörden gjord 2012
Led	Behandling		Biokol ton/ha
A		300 kg N27	30 ton som biokol
B		300 kg N27	18,3 ton som biokol
C		300 kg N27	10 ton som biokol
D		0	18,3 ton som biokol
E	Ogödslat		0 ton som biokol
F	Gårdens gödsling 450 kg N27 + 25m2 nötflyt		0 ton som biokol

Tabell 1: Försöksuppställning 2011-2013. För året 2010 var led F tillagt med gårdens gödsling.

Resultat

År 1: gavs en ökning av skörd på 33% vid ökning från 10 ton biokol/ha till 30 ton biokol/ha.

Höstkorn				Skördevikt BIOKOL 2010-08-19			
Försöksled	ton			Led	Snitt	Rel	
A	30	Kol	N27 + S 220 kg/ha	A	10,35	207	133
B	18,3	Kol	N27 + S 220 kg/ha	B	9	180	115
C	10	Kol	N27 + S 220 kg/ha	C	7,8	156	100
D	18,3	Kol	Ogödslat	D	4,8	96	
E	0		Ogödslat	E	5	100	

Tabell 1: Resultat från biokolförsök 2010 – utlagt 2009.

År 2: gavs en ökning av majsstjälkvidd (sort Cerutti) på 27% mellan gårdens gödsling och biokol 30 ton/ha inkl. gödning. Skördedata visade en ökad skörd på 8,4% biomassa vid jämförelse mellan gårdens gödsling och 10-30 ton/ha. Ingen skillnad uppvisades i skörd mellan leden A,B och C.

År 3: Höstkorn gavs en ökad skörd på 9% vid endast tillsats biokol 18,5 ton/ha jämfört med ogödslade ledet E. Överlag hade biokol-leden en hög snittskörd Led A: 7.3 ton/ha, Led B 7,7 och Led C 7,6 ton/ha respektive. Dock infann sig inte effekten mellan led C och A som påvisades år 1.

	Försöksplan 2011 i höstkorn		Skörden gjord 2012			
Led	Behandling		Biokol ton/ha	Snitt	Rel	Rel
A		300 kg N27	30 ton som biokol	73	129	
B		300 kg N27	18,3 ton som biokol	77.4	136	
C		300 kg N27	10 ton som biokol	76.2	134	
D		0	18,3 ton som biokol	41.2	73	109
E	Ogödslat		0 ton som biokol	37.7	66	100
F	Gårdens gödsling 450 kg N27 + 25m2 nötflyt		0 ton som biokol	56.8	100	

Tabell 2: Försöksplan och resultat höstkorn 2012.

År 4: Höstkorn gavs en ökad skörd på 12% mellan 10 ton/ha och 30 ton/ha. Ogödslade rutor i led E i jämförelse med Ogödslade rutor i led D visar en skördeökning på 14%.

	Försöksplan 2012 i höstkorn						
Led	Behandling			Snitt	Rel	Rel	Rel
A		300 kg N27	30 ton som biokol	40.6	101		112
B		300 kg N27	18,3 ton som biokol	39.7	99		110
C		300 kg N27	10 ton som biokol	36.1	90		100
D		0	18,3 ton som biokol	20.0	50	114	
E	Ogödslat		0 ton som biokol	17.5	44	100	
F	Gårdens gödsling 450 kg N27 + 25m2 nötflyt		0 ton som biokol	40	100		

Tabell 3: Försöksplan och resultat höstkorn 2013.

Diskussion

Flera olika resultat ges som påvisar en dramatisk effekt av biokol producerat från frö- och utsädesavrens. En hög fosforhalt och tillgängligt lösligt P kan vara en anledning i kombination med ökad vattenhållande förmåga i jorden vid torra år. Effekten av biokol visar sig konstant hög, men resultaten visar att nya försök kan sättas upp där effekt mäts vid lägre givor. På grund av kolets kostnad är detta lämpligt.

År 2010 hade Kristianstadsområdet totalt 110 mm regn under juni-juli. Biokolet visade sig ge högre skördar vid högre givor detta år. Möjligen var detta på grund av kolets vattenhållande förmåga. Övriga år har uppvisat en ökning av skörd mellan givorna 10 ton/ha och 30 ton/ha, men inte fullt så stor som första året. Dock visar försöket att biokol tillsatt på ogödslad jord ger en skördeökning vars effekt framträder efter två år, men att det i fallet med biokol i kombination med gödning ger effekt första året efter applikation. Samtliga resultat har givit oss möjligheter att designa nya försök.

Referenser

Pollak and Favoino 2004 - HEAVY METALS AND ORGANIC COMPOUNDS FROM WASTES USED AS ORGANIC FERTILISERS

Reynolds 2010 - Use of biochar as a nitrogen filter in household wastewater treatment Master Thesis.

Parvage, Ulén et.al 2012 - Phosphorus availability in soils amended with wheat residue char

Lehmann, J., Gaunt, J. and Rondon, M.: 2006, 'Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review'

Julie Major 2009 - A Guide to Conducting Biochar Trials - International Biochar Initiative

Yakov Kuzyakov Irina Subbotina 2009 - Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by ¹⁴C labeling

Analysnamn	Resultat	Enhet
Fukthalt	14.0	%
Askhalt	20.5	% Ts
Askhalt Lev. tillstånd	17.6	%
Svavel S	0.17	% Ts
Svavel S Lev. tillstånd	0.15	%
Klor Cl	0.16	% Ts
Klor Cl Lev. tillstånd	0.14	%
Kol C	63.7	% Ts
Kol C Lev. tillstånd	54.8	%
Väte H	1.4	% Ts
Väte H Lev. tillstånd	2.8	%
Kväve N	2.9	% Ts
Kväve N Lev. tillstånd	2.5	%
* Syre O (beräknat)	11.2	% Ts
* Syre O Lev.tillstånd (beräknat)	22.0	%
* Aluminium Al	680	mg/kg TS
* Arsenik As	0.73	mg/kg TS
* Barium Ba	36	mg/kg TS
* Bor B	17	mg/kg Ts
* Kalcium Ca	24900	mg/kg TS
* Kadmium Cd	0.18	mg/kg Ts
* Kobolt Co	5.1	mg/kg TS
* Krom Cr	9.6	mg/kg TS
* Koppar Cu	18	mg/kg TS
* Järn Fe	1900	mg/kg TS
* Kvicksilver Hg	<0.023	mg/kg TS
* Kalium K	18100	mg/kg TS
* Magnesium Mg	5100	mg/kg TS
* Mangan Mn	270	mg/kg TS
* Molybden Mo	4.2	mg/kg TS
* Natrium Na	450	mg/kg TS
* Nickel Ni	5.7	mg/kg TS
* Bly Pb	2.3	mg/kg Ts
* Fosfor P	9100	mg/kg TS
* Antimon Sb	<0.23	mg/kg TS
* Selen Se	<0.057	mg/kg TS

Tabell 4: biokol-analys utfört av Eurofins.